

# FÍSICA APLICADA

## Unidad 4: Hidrostática

**Fluido:** En términos sencillos, un fluido es toda aquella sustancia capaz de fluir. Técnicamente hablando, un fluido es toda sustancia que se deforma continuamente al ser sometida a un esfuerzo cortante, por pequeño que este sea. Dentro de esta categoría, y a pesar de sus grandes diferencias físicas y químicas, entran líquidos y gases. Un líquido es prácticamente incompresible, mientras que un gas puede tomar el volumen deseado aplicando la presión adecuada.

**Densidad:** La densidad  $\rho$  de un fluido homogéneo se define como la relación entre su masa  $M$  y el volumen que ocupa  $V$ .

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$\rho$  = Densidad del fluido  
 $M$  = Masa del fluido  
 $V$  = Volumen ocupado

**Unidades:** La unidad de densidad es  $M \cdot L^{-3}$ , es decir, masa entre longitud al cubo. Ejemplos podrían ser:  $Kg/m^3$ ,  $gr/cm^3$ ,  $lb/pulg^3$ ,  $Kg/litro$ , etc.

La unidad  $Kg/litro$  es numéricamente igual a  $gr/cm^3$ :  $1 Kg/litro = 1000 gr/1000 cm^3 = 1 gr/cm^3$ .

La densidad del agua a  $0^\circ C$  y 1 atm de presión es  $1 gr/cm^3 = 1 Kg/litro = 1000 Kg/m^3$ .

Se darán en la siguiente tabla algunas conversiones entre diferentes unidades de densidad

Densidad	
$1 Kg/lit = 1 gr/cm^3$	$1 Kg/cm^3 = 1000 gr/cm^3$
$1 lb/pulg^3 = 27,705 gr/cm^3$	$1 Kg/cm^3 = 36,095 lb/pulg^3$

**Ejemplo:** Se tienen 400 gr de cierto líquido contenido llenando un envase esférico de 120 mm de radio. Hallar su densidad en  $Kg/m^3$ ,  $gr/cm^3$ ,  $lb/pulg^3$  y en  $Kg/litro$ .

Realicemos los cálculos en MKS y luego se harán las transformaciones necesarias. La masa  $M = 0,4 Kg$  y el volumen se debe calcular con la fórmula del volumen de una esfera de radio 0,12 m. El volumen de una esfera es:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = 0,007238 m^3. \text{ Se tiene así: } \rho = 0,4 Kg / 0,007238 m^3 = 55,262 Kg/m^3$$

$$\text{Convirtiendo: } \rho = 55,262 Kg/m^3 \cdot 1000 gr/1 Kg \cdot 1 m^3 / 1000000 cm^3 = 5,5262 \cdot 10^{-5} gr/cm^3$$

$$\text{Convirtiendo: } \rho = 55,262 Kg/m^3 \cdot 1 lb/0,454 Kg \cdot (0,0254 m)^3 / 1 pulg^3 = 1,9947 \cdot 10^{-3} lb/pulg^3$$

$$\text{Convirtiendo: } \rho = 55,262 Kg/m^3 \cdot 1 litro/1000 cm^3 = 0,055262 Kg/litro.$$

**Ejemplo:** Se vierten 6800 gr de un líquido en un envase cilíndrico de 10 cm de radio y 35 cm de altura, el cual queda lleno hasta la mitad. Calcular la densidad del líquido en  $gr/cm^3$ .

$M = 6,8 Kg$      $R = 0,10 m$      $H = 0,35 m$ . El volumen de un cilindro se calcula con la fórmula:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H = 0,0109955 m^3. \text{ Como se llena por la mitad, se usa } V/2 = 0,005497 m^3$$

$$\rho = 6,8 Kg / 0,005497 m^3 = 1236,861 Kg/m^3$$

Convirtiendo:  $\rho = 1236,861 \text{ Kg/m}^3 \cdot 1000 \text{ gr/1 Kg} \cdot 1 \text{ m}^3/10^6 \text{ cm}^3 = 1,2368 \text{ gr/cm}^3$

**Ejemplo:** La densidad de cierto líquido es  $2,98 \text{ gr/cm}^3$  y se vierte cierta cantidad hasta llenar un envase cónico de 80 mm de radio y 120 mm de altura. Calcular la cantidad de líquido vertida en lb.

De la fórmula de densidad:  $\rho = \frac{M}{V}$  despejamos la masa:  $M = \rho \cdot V$ . Antes de aplicar la fórmula, es conveniente hacer las transformaciones. Dado que la densidad está en  $\text{gr/cm}^3$  se calculará el volumen en  $\text{cm}^3$ . El radio es entonces, 8 cm y la altura 12 cm. El volumen de un cono (ver unidad 0) viene dado por:

$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3} = \frac{\pi \cdot (8 \text{ cm})^2 \cdot 12 \text{ cm}}{3} = 256 \pi \text{ cm}^3 = 804,2477 \text{ cm}^3.$$

Calculamos la masa :  $M = 2,98 \text{ gr/cm}^3 \cdot 804,2477 \text{ cm}^3 = 2396,658 \text{ gr}$

Transformamos a lb:  $2396,658 \text{ gr} \cdot 1 \text{ lb} / 454 \text{ gr} = 5,279 \text{ lb}$

Flotabilidad: Si un cuerpo de densidad  $\rho_2$  se sumerge en un fluido de densidad,  $\rho_1$  entonces:

- Si  $\rho_1 > \rho_2$  el cuerpo flotará
- Si  $\rho_1 < \rho_2$  el cuerpo se hundirá
- Si  $\rho_1 = \rho_2$  el cuerpo quedará en estado indiferente

#### Ejercicios sobre densidad:

- 1) Calcular la densidad ( $\text{gr/cc}$ ) de un cuerpo cuya masa es de 450 dg y ocupa un volumen de 15000  $\text{mm}^3$ . Resp.-  $3 \text{ gr/cm}^3$
- 2.) Determine la densidad ( $\text{gr/cc}$ ) de un cubo de madera de 10 cm de lado sabiendo que pesa 5,488 Nw. Resp.-  $0,56 \text{ gr/cm}^3$
- 3.) Calcular la densidad ( $\text{lb/pulg}^3$ ) de un trozo de madera cilíndrica de 4 cm de radio y 15 cm de altura, si su masa es 615 gr. Resp.-  $0,02944 \text{ lb/pulg}^3$
- 4.) Un recipiente esférico de 5 pulg de diámetro está completamente lleno de alcohol cuya densidad es  $0,8 \text{ gr/cm}^3$ . ¿Cuántos Newton pesa el alcohol?. Resp.-  $8,408 \text{ Nw}$ .
- 5.) Un frasco de  $350 \text{ cm}^3$  está lleno de éter, cuya densidad es de  $0,73 \text{ gr/cm}^3$ . Calcular la masa de éter. Resp.-  $255,5 \text{ gr}$ .
- 6.) La densidad del hielo es  $0,92 \text{ gr/cm}^3$ . ¿Cuántos litros ocupa un bloque de hielo de 20 Kg?. Resp.-  $21,739 \text{ lt}$ .
- 7.) Para preparar una solución al 10% de ácido sulfúrico, ¿ Cuántos  $\text{mm}^3$  debo tomar de ácido, si su densidad es de  $1,85 \text{ gr/cm}^3$  y la solución va a tener 150 gr? Resp.-  $8108,1 \text{ mm}^3$ .
- 8.) La densidad del petróleo es de  $1,8 \text{ lb/lt}$ . ¿Cuántas  $\text{pulg}^3$  ocupan 50 Hg?. Resp.-  $373,3709 \text{ pulg}^3$ .
- 9.) ¿ Cuánto pesa el aire de una habitación de 6 m x 5 m x 4 m? ( $\rho$ :  $0,001293 \text{ gr/cm}^3$ ) Resp.-  $m = 155,16 \text{ Kg}$
- 10.) ¿ Cuánto pesa una carretada de arena que tiene un volumen de  $3 \text{ m}^3$ ? Densidad de la arena:  $2,3 \text{ gr/cm}^3$ . Resp.-  $6.900 \text{ Kg}$
- 11.) Un vaso cilíndrico tiene un radio interior de 5 cm y una altura de 15 cm, y está lleno de ácido sulfúrico de densidad  $1,8 \text{ gr/cm}^3$ . ¿ Cuánto pesa el ácido sulfúrico? Resp.  $2120,575 \text{ gr-f}$
- 12.) Cierta líquido tiene una densidad de  $4 \text{ lb/lt}$ . y ocupa un contenedor cúbico de 5 pie de lado ¿Cuántas toneladas inglesa de líquido hay? Resp.  $7,079 \text{ Ton Ing}$ .
- 13.) Un trozo de metal de 40 Hg tiene forma de semiesfera de 2 pulg. de radio. Halle su densidad en  $\text{lb/pie}^3$ . Resp.-  $908,6555 \text{ lb/pie}^3$
- 14.) ¿Cuántas toneladas de arena ( $\rho = 16 \text{ lb/lt}$ ) caben en un depósito cónico de 1,6 yd de radio y 5 yd de altura? Resp.-  $74,4428 \text{ Ton}$ .
- 15.) Una pelota de 500 mm de radio cae en un lago de agua con  $\rho = 1,01 \text{ Kg/lt}$ . Si la pelota tiene 170 lb. , ¿Se hundirá o flotará? Resp.- *Flotará*

**Presión:** Se define como la relación entre la fuerza normal aplicada a una superficie y el valor de dicha superficie o área:

$$p = \frac{F}{A}$$

$p$  = Presión  
 $F$  = Fuerza normal aplicada  
 $A$  = Área o superficie

**Unidades:** Kg/m-seg<sup>2</sup>, Nw/m<sup>2</sup>, Kp/pulg<sup>2</sup>, lb-f/pulg<sup>2</sup>, etc.

**Ejemplo:** Se aplican 1,5 Kp sobre una superficie líquida circular de 8 cm de radio. Calcular la presión media ejercida sobre el líquido en Nw/m<sup>2</sup> y lb-f/pulg<sup>2</sup>.

Trabajaremos en MKS:  $F = 1,5 \text{ Kp} \cdot 9,8 \text{ Nw} / 1 \text{ Kp} = 14,7 \text{ Nw}$ .  $r = 8 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m} / 100 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$

$A = \pi \cdot r^2 = 0,0201 \text{ m}^2$ .  $p = F/A = 14,7 \text{ Nw} / 0,0201 \text{ m}^2 = 731,118 \text{ Nw/m}^2$ .

Realizamos la conversión ( $1 \text{ Kg-f} = 1 \text{ Kp}$ ):

$731,118 \text{ Nw/m}^2 \cdot 1 \text{ Kg-f} / 9,8 \text{ Nw} \cdot 1 \text{ lb-f} / 0,454 \text{ Kg-f} \cdot 1 \text{ m}^2 / 1550 \text{ pulg}^2 = 0,106 \text{ lb-f/pulg}^2$

**Otras unidades de presión:** Existen otras unidades de presión que suelen ser utilizadas por razones prácticas y de laboratorio. Es conocido como un hecho experimental que la presión atmosférica a 0°C y al nivel del mar levanta una columna de mercurio (símbolo químico Hg) de 76 cm o 29,92 pulg. De ahí que muchas veces la presión se exprese en mm, cm, pulg, etc. de Hg. Si se hace la prueba en un sitio con gravedad de 9,806 m/seg<sup>2</sup>, y tomando en cuenta que la densidad del mercurio es 13,595 gr/cm<sup>3</sup> = 13595 Kg/m<sup>3</sup> se tiene que la presión atmosférica es:  $p = \rho \cdot g \cdot h = 1,0132 \cdot 10^5 \text{ Nw/m}^2$ .

Se define un Pascal (Pa) como: **1 Pa = 1 Nw/m<sup>2</sup>**. Convirtiendo, se tiene:

$1,0132 \cdot 10^5 \text{ Nw/m}^2 \cdot 1 \text{ Kg-f} / 9,8 \text{ Nw} \cdot 1 \text{ lb-f} / 0,454 \text{ Kg-f} \cdot 1 \text{ m}^2 / 1550 \text{ pulg}^2 = 14,7 \text{ lb-f/pulg}^2$ .

A esta unidad se la conoce como PSI (Pound per Square Inch). **1 PSI = 1 lb-f/pulg<sup>2</sup>**.

A la presión atmosférica correspondiente a 76 cm de Hg se le denomina **1 atmósfera (atm)**

En la siguiente tabla se resumen algunas conversiones de unidades de presión.

Presión		
1 Nw/m <sup>2</sup> = 10 dina/cm <sup>2</sup>	1 atm = 76 cm Hg	1 PSI = 144 lb/pie <sup>2</sup>
1 PSI = 6895 Pa	1 atm = 1,0132 · 10 <sup>5</sup> Pa	1 atm = 14,7 PSI
1 PSI = 5,171 cm Hg	1 cm Hg = 1333 Pa	1 Pa = 1 Nw/m <sup>2</sup>

**Principio de Arquímedes (Empuje):** Es un hecho conocido y experimentalmente demostrado que, al sumergir un objeto dentro de un fluido, este "disminuye" su peso. Se encomilla la palabra, ya que la disminución es sólo aparente, y es debida a una nueva fuerza ejercida por el líquido en contra del peso, llamada **Empuje o fuerza de flotación**<sup>2</sup>. Si el peso del objeto fuera del fluido es  $P$ , y el empuje es  $E$ , el peso aparente al sumergirlo será:  $P' = P - E$ , por lo tanto, puede determinarse experimentalmente el valor del empuje para cierto líquido despejando:  $E = P - P'$ , y midiendo ambos pesos con un dinamómetro u otro sistema. El principio de Arquímedes (a quien se atribuye su descubrimiento) dice lo siguiente: *Cuando un cuerpo está sumergido en un fluido, este ejerce sobre el cuerpo una fuerza hacia arriba, igual al peso del fluido desalojado por el.*

Si el cuerpo queda flotando en el fluido significa que su densidad media es menor que la del fluido y si se hunde en el, su densidad es mayor. En el primer caso, el empuje es igual al peso del cuerpo sumergido, en el segundo, es algo menor.

Sea un fluido de densidad  $\rho_1$ , en el cual se introduce un objeto de masa  $m_2$  y densidad  $\rho_2$ . Supóngase que el objeto se hunde por completo en el fluido, lo cual ocurre si su densidad es mayor a la del mismo. En este caso, el volumen del cuerpo es igual al volumen de fluido que desplaza:  $V_1 = V_2$ . Es decir,  $V_1 = m_2 / \rho_2$ , y su peso será  $P_1 = m_1 \cdot g = \rho_1 \cdot V_1 \cdot g = \rho_1 \cdot m_2 / \rho_2 \cdot g$ , es decir,

$$E = P_1 = P_2 \cdot \rho_1 / \rho_2 \quad (\text{siendo } P_2 \text{ el peso del cuerpo sumergido}).$$

El empuje es, entonces, una fracción del peso del cuerpo sumergido igual a la relación entre ambas densidades. La ecuación anterior también puede escribirse:

$$E = V_2 \cdot g \cdot \rho_1, \text{ con lo cual se observa que el empuje no depende de la densidad del cuerpo.}$$

Supóngase ahora que el objeto tiene menor densidad que la del fluido, por lo tanto flotará en él. Determinemos la porción del volumen del objeto que queda hundida y la que queda fuera del fluido. Sean  $\rho_1$  y  $\rho_2$  las densidades del fluido y el objeto, respectivamente. El objeto tiene un peso  $P_2 = m_2 \cdot g = \rho_2 \cdot V_2 \cdot g$ , siendo  $V_2$  su volumen. Por su parte, siendo  $V_1$  el volumen de fluido desplazado, su peso es:  $P_1 = m_1 \cdot g = \rho_1 \cdot V_1 \cdot g$ . Aplicando el principio de Arquímedes, por estar en equilibrio el objeto:  $E = P_2$ , por lo tanto:

$$\rho_2 \cdot V_2 \cdot g = \rho_1 \cdot V_1 \cdot g \quad \text{Simplificando entre } g, \text{ y despejando: } V_1 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot V_2$$

Como  $V_1$  es el volumen de fluido desplazado, es igual al volumen del objeto hundido ( $V_h$ ), es decir:

$$V_h = \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot V_2$$

Esta cantidad es menor que 1 y representa la proporción hundida respecto al total de  $V_2$ . Por su parte, la cantidad de volumen superficial (no hundido) será:

$$V_s = V_2 - V_h = V_2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)$$

**Ejercicio:** Una esfera de metal de 40 mm de radio y  $\rho_s = 7$  se introduce en un envase con aceite con  $\rho_s = 1,5$ . ¿Cuánto es el empuje? ¿Cuánto es su peso aparente?

Calculamos el volumen de metal:  $V_m = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 = 2,6808 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ . Este es el volumen de aceite desplazado.  $V_a = 2,6808 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ . Se tiene que  $\rho_a = 1,5 \cdot 1000 \text{ Kg/m}^3 = 1500 \text{ Kg/m}^3$ .

Calculamos la cantidad de aceite desplazado  $m_a = \rho_a \cdot V_a = 0,4021 \text{ Kg}$ . Y su peso será:

$P_a = m_a \cdot g = 3,9408 \text{ Nw}$ . → Este es el valor del empuje.

El peso aparente de la esfera será su peso real menos el empuje.  $\rho_m = 7000 \text{ Kg/m}^3$ .

Calculamos la masa de metal  $m_m = \rho_m \cdot V_m = 1,8766 \text{ Kg}$ . Su peso será  $P_m = 18,390 \text{ Nw}$ , así el peso aparente será:  $18,390 \text{ Nw} - 3,9408 \text{ Nw} = 14,45 \text{ Nw}$ .

**Ejercicio:** Un trozo de madera ( $\rho = 0,03 \text{ lb/pulg}^3$ ) de forma cónica, de 100 mm de radio y 15 cm de altura, se introduce en un envase cilíndrico cuya base tiene 20 cm de radio, lleno de agua. ¿Cuánto por ciento del trozo de madera queda fuera del agua? ¿Cuánto es el empuje que recibe? ¿Cuánta presión adicional recibe el fondo del envase? Determinar el volumen de madera dentro y fuera del agua.

$$\text{Conversiones: } 0,03 \text{ lb/pulg}^3 \cdot 0,454 \text{ Kg/1lb} \cdot 1 \text{ pulg}^3 / (0,0254 \text{ m})^3 = 831,143 \text{ Kg/m}^3$$

$$r = 0,1 \text{ m} ; h = 0,15 ; \text{Radio envase } R = 0,2 \text{ m. Area fondo del envase} = \pi \cdot R^2 = 0,1257 \text{ m}^2.$$

$$\text{Volumen del trozo: } V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3} = 1,5708 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3. (157,08 \text{ cm}^3)$$

La porción de madera hundida es :  $V'/\rho_2/\rho_1 = 831,143/1000 = 0,831143$ , luego el 83,11% del volumen de la madera está hundida ( $1305,6 \text{ cm}^3$ ) y un  $100-83,11=16,89\%$  está por encima del agua ( $265,2 \text{ cm}^3$ ).

El empuje será  $E = P_a = \rho_a \cdot V_a \cdot g$ . Teniendo en cuenta que el volumen de agua desplazado es igual al volumen de madera hundido,  $V_a = 1,3056 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ , así se tiene:  $E = 127,94 \text{ Nw}$ .

Para saber la presión adicional se usa  $P = F/A$ , sabiendo que  $F$  es el peso de agua adicional (Empuje), y  $A$  es el área del fondo.  $P = 1,2794 \text{ Nw}/0,1257 \text{ m}^2 = 10,1811 \text{ Pa}$  ( $=10^{-4} \text{ PSI}$ ).

### Problemas sobre flotación y principio de Arquímedes.

1. Un cilindro metálico de 2 pulg. de radio y 3 pulg. de altura se sumerge en un líquido de  $\rho = 900 \text{ gr/lit}$ . Si la densidad del metal es  $1,3 \text{ gr/cc}$ , determine: a) Se hundirá o flotará?; b) ¿Qué empuje recibe el líquido?; c) ¿Cuánto pesa aparentemente? d) ¿Cuántos gramos de líquido se desplazan? Resp.- a) Se hunde b)  $5,448 \text{ Nw}$  c)  $2,421 \text{ Nw}$  d)  $556 \text{ gr}$
- 2.- Una pelota de béisbol de 12 cm de diámetro y  $\rho = 6,3 \text{ lb/lit}$  cae en una laguna de agua estancada de  $\rho = 24 \text{ gr/pul}^3$ . a) Se hundirá o flotará? b) ¿Cuántos  $\text{cm}^3$  de agua se desplazan? c) ¿Qué empuje recibe la pelota en el agua? d) ¿Cuántos gramos de agua se desplazan? e) ¿Cuál es el peso aparente de la pelota en el agua? Resp.- a) Se hundiría b)  $904,778 \text{ cm}^3$  c)  $12,986 \text{ Nw}$  d)  $1325,11 \text{ gr}$  e)  $12,374 \text{ Nw}$
- 3.- Una lámina de madera de 15 mm x 10 cm x 13 cm se sumerge en un líquido de  $\rho = 0,65 \text{ gr/cc}$ . Si la densidad de la madera es  $0,9 \text{ lb/lit}$ . a) Se hundirá o flotará? b) ¿Cuántos gramos de líquido se desplazan? c) ¿Cuál es el empuje que recibe la lámina? d) ¿Cuál es su peso aparente? e) ¿Cuántos  $\text{cm}^3$  quedan superficiales y cuántos quedan hundidos? f) ¿Cuál es % de porción hundida con respecto al total? Resp.- a) flotará b)  $79,677 \text{ gr}$  c)  $0,78 \text{ Nw}$  d)  $0 \text{ Nw}$  e) hundido  $122,58 \text{ cm}^3$ , superficial  $72,42 \text{ cm}^3$  f)  $62,86 \%$ .
- 4.- Un témpano de hielo de  $\rho = 0,92 \text{ gr/cc}$  tiene forma cónica de 20 pie de radio y 60 pie de altura y flota en agua de mar, cuya  $\rho = 1,14 \text{ gr/cc}$ . a) ¿Cuánto empuje recibe el témpano? b) ¿Cuántos  $\text{m}^3$  de hielo están hundido? ¿Cuántos flotan? c) ¿Cuántas toneladas de hielo flotan? d) ¿Cuántas toneladas inglesas de agua se desplazaron? Resp.- a)  $654745,57 \text{ kp}$  b) hundidos:  $574,338 \text{ m}^3$  flotando:  $137,34175 \text{ m}^3$  c)  $126,35 \text{ ton}$ . d)  $721,085 \text{ ton Ing}$ .
- 5.- Una lancha de madera ( $\rho = 0,25 \text{ kg/lit}$ ) tiene dimensiones de 5yd x 3yd x 30 pulg y se encuentra en un lago, cuya agua tiene  $\rho = 0,95 \text{ Kg/lit}$ . a) ¿Cuántos litros quedan flotando y cuántos litros quedan hundidos? b) ¿Cuántos Kg. quedan hundidos y cuántos flotando? c) ¿Qué empuje recibe la lancha? d) ¿Qué porcentaje de la lancha queda hundido y superficial? e) Si se suben a la lancha 8 hombres de 90 kg. c/u, responda las preguntas a) hasta d); f) Con la lancha vacía. ¿Cuántas cajas de 20 Kg. pueden cargarse a la lancha sin que esta se hunda? Resp.- a)  $2514,983 \text{ lt}$  hundidos y  $7041,952 \text{ lt}$  flotando b)  $628,745 \text{ Kg}$ . hundido  $1760,488 \text{ Kg}$ . flotando c)  $23414,49 \text{ Nw}$  d)  $26,32\%$  hundido,  $73,68\%$  flotando e) la lancha escasamente flota;  $V_h = 1037,337 \text{ lt}$ ,  $V_s = 24,544 \text{ lt}$ ;  $m_h = 259,33 \text{ kg}$ ;  $m_s = 6,136 \text{ kg}$ ,  $E = 9657,61 \text{ Nw}$ ;  $97,69\%$  hundido,  $2,31\%$  superficial; f) 37 cajas.
- 6.- Por razones de seguridad, una boya esférica no debe tener mas de 40% de su volumen hundido en el agua marina de  $\rho = 2,5 \text{ lb/lit}$ . Si el material de la esfera pesa 200 kg, calcule el radio mínimo que puede tener la boya. Resp.-  $R = 47,202 \text{ cm}$ .
- 7.- Al sumergir un cuerpo de forma cúbica y  $\rho = 100 \text{ lb/pie}^3$  en un fluido de  $\rho = 81 \text{ lb/pie}^3$ , se hunde, recibiendo un empuje de 12 Kp. Calcule: a) El radio del sólido en cm. b) El peso aparente en lb-f c) ¿Cuántas libras de fluido se desalojan? Resp.- a)  $R = 20,9843 \text{ cm}$ ; b)  $6,2 \text{ lb-f}$ ; c)  $26,4317 \text{ lb}$ .
- 8.- 200 litros de un sólido de  $\rho = 800 \text{ gr/lit}$  se encuentran hundidos en un fluido de  $\rho = 2,4 \text{ lb/lit}$ . Determine: a) El lado en pie del sólido, suponiendo que es cúbico. b) ¿Cuántos litros del sólido están superficiales? c) ¿Cuánto empuje recibe? d) ¿Cuánto es su peso aparente? Resp.- a)  $2,12677$ ; b)  $72,4 \text{ lt}$ ; c)  $2315,616 \text{ Nw}$ ; d)  $0 \text{ Nw}$ .
- 9.- Para medir la densidad de un sólido cónico de 300 mm de radio y 13 pulg de altura se realiza el siguiente experimento: Se sumerge dicho sólido en un fluido de  $\rho = 27 \text{ Kg/pie}^3$  y se miden 48 lb de fluido desplazado. Determine: a) Si el sólido flota o se hunde; b) Su densidad en  $\text{lb/pie}^3$  Resp.- a) Flota; b)  $43,6755 \text{ lb/pie}^3$ .